

03P 02010



⑮ **BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND**



**DEUTSCHES  
PATENT- UND  
MARKENAMT**

⑫ **Offenlegungsschrift**  
⑩ **DE 101 47 434 A 1**

⑤ Int. Cl.<sup>7</sup>:  
**H 04 L 12/24**  
H 04 L 12/26

⑳ Aktenzeichen: 101 47 434.2  
㉔ Anmeldetag: 26. 9. 2001  
㉕ Offenlegungstag: 10. 10. 2002

DE 101 47 434 A 1

Mit Einverständnis des Anmelders offengelegte Anmeldung gemäß § 31 Abs. 2 Ziffer 1 PatG

㉚ **Anmelder:**  
Siemens AG, 80333 München, DE

㉚ **Erfinder:**  
Franke, Michael, Dr., 91056 Erlangen, DE

**Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen**

⑤④ **System und Verfahren zur Diagnose von Kommunikationssystemen, insbesondere Real-time Ethernet**

⑤⑦ Die Erfindung betrifft ein System und Verfahren von schaltbaren Kommunikationssystemen mit wenigstens zwei Teilnehmern, insbesondere Realtime Ethernet, wobei Daten in wenigstens einem Übertragungszyklus mit einstellbarer Zeitdauer übertragen werden und jeder Übertragungszyklus in wenigstens einen ersten Bereich zur Übertragung von echtzeitkritischen Daten, wenigstens einen zweiten Bereich zur Übertragung von nicht echtzeitkritischen Daten und wenigstens einen dritten Bereich zur Übertragung von Diagnosedaten unterteilt ist.

**bisher**

IRTE-Daten	NRTE-Daten
------------	------------

**künftig**

IRTE-Daten	NRTE-Daten	DIAG-Daten
------------	------------	------------

IRTE = Isochrones Real-Time Ethernet  
NRTE = Non Real-Time Ethernet  
DIAG = Diagnose

DE 101 47 434 A 1

[0001] Die Erfindung bezieht sich auf ein System und Verfahren zur Diagnose von Kommunikationssystemen, insbesondere Realtime Ethernet.

[0002] Unter einem synchronen, getakteten Kommunikationssystem mit Äquidistanz-Eigenschaften versteht man ein System aus wenigstens zwei Teilnehmern, die über ein Datennetz zum Zweck des gegenseitigen Austausches von Daten bzw. der gegenseitigen Übertragung von Daten miteinander verbunden sind. Dabei erfolgt der Datenaustausch zyklisch in äquidistanten Kommunikationszyklen, die durch den vom System verwendeten Kommunikationstakt vorgegeben werden. Ein äquidistanter deterministischer zyklischer Datenaustausch in Kommunikationssystemen basiert auf einer gemeinsamen Takt- bzw. Zeitbasis aller an der Kommunikation beteiligten Komponenten. Die Takt- bzw. Zeitbasis wird von einer ausgezeichneten Komponente (Taktschläger) zu den anderen Komponenten übertragen. Bei isochronem Realtime-Ethernet wird der Takt bzw. die Zeitbasis von einem Synchronisationsmaster durch das Senden von Synchronisationstelegrammen vorgegeben. Teilnehmer sind beispielsweise zentrale Automatisierungsgeräte, Programmier-, Projektierungs- oder Bediengeräte, Peripheriegeräte wie z. B. Ein-/Ausgabe-Baugruppen, Antriebe, Aktoren, Sensoren, speicherprogrammierbare Steuerungen (SPS) oder andere Kontrolleinheiten, Computer, oder Maschinen, die elektronische Daten mit anderen Maschinen austauschen, insbesondere Daten von anderen Maschinen verarbeiten. Teilnehmer werden auch Netzwerknoten oder Knoten genannt. Unter Kontrolleinheiten werden im folgenden Regler- oder Steuerungseinheiten jeglicher Art verstanden, aber auch beispielsweise Switches und/oder Switch-Controller. Als Datennetze werden beispielsweise Bussysteme wie z. B. Feldbus, Profibus, Ethernet Industrial Ethernet, FireWire oder auch PC-interne Bussysteme (PCI), etc., insbesondere aber auch isochrones Realtime Ethernet verwendet.

[0003] Datennetze ermöglichen die Kommunikation zwischen mehreren Teilnehmern durch die Vernetzung, also Verbindung der einzelnen Teilnehmer untereinander. Kommunikation bedeutet dabei die Übertragung von Daten zwischen den Teilnehmern. Die zu übertragenden Daten werden dabei als Datentelegramme verschickt, d. h. die Daten werden zu mehreren Paketen zusammengepackt und in dieser Form über das Datennetz an den entsprechenden Empfänger gesendet. Man spricht deshalb auch von Datenpaketen. Der Begriff Übertragung von Daten wird dabei hier synonym zur oben erwähnten Übertragung von Datentelegrammen oder Datenpaketen verwendet.

[0004] In verteilten Automatisierungssystemen, beispielsweise im Bereich Antriebstechnik, müssen bestimmte Daten zu bestimmten Zeiten bei den dafür bestimmten Teilnehmern eintreffen und von den Empfängern verarbeitet werden. Man spricht dabei von echtzeitkritischen Daten bzw. Datenverkehr, da ein nicht rechtzeitiges Eintreffen der Daten am Bestimmungsort zu unerwünschten Resultaten beim Teilnehmer führt, im Gegensatz zur nicht echtzeitkritischen, beispielsweise inter- bzw. intranetbasierten Datenkommunikation. Gemäss IEC 61491, EN61491 SERCOS interface – Technische Kurzbeschreibung ([http://www.sercos.de/deutsch/index\\_deutsch.htm](http://www.sercos.de/deutsch/index_deutsch.htm)) kann ein erfolgreicher echtzeitkritischer Datenverkehr der genannten Art in verteilten Automatisierungssystemen gewährleistet werden. In der deutschen Patentanmeldung DE 10 05 8524.8 ist ein System und ein Verfahren zur Übertragung von Daten über schaltbare Datennetze, insbesondere das Ethernet, offenbart, das einen Mischbetrieb von echtzeitkritischer und nichtechtzeitkriti-

scher, insbesondere Inter- bzw. Intranet basierter Datenkommunikation erlaubt.

[0005] Automatisierungskomponenten (z. B. Steuerungen, Antriebe, ...) verfügen heute im Allgemeinen über eine Schnittstelle zu einem zyklisch getakteten Kommunikationssystem. Eine Ablauebene der Automatisierungskomponente (Fast-cycle) (z. B. Lageregelung in einer Steuerung, Drehmomentregelung eines Antriebs) ist auf den Kommunikationszyklus synchronisiert. Dadurch wird der Kommunikationstakt festgelegt. Andere, niederperformante Algorithmen (Slow-cycle) (z. B. Temperaturregelungen) der Automatisierungskomponente können ebenfalls nur über diesen Kommunikationstakt mit anderen Komponenten (z. B. Binärschalter für Lüfter, Pumpen, ...) kommunizieren, obwohl ein langsamerer Zyklus ausreichend wäre. Durch Verwendung nur eines Kommunikationstaktes zur Übertragung von allen Informationen im System entstehen hohe Anforderungen an die Bandbreite der Übertragungsstrecke.

[0006] Für die Prozesssteuerung und -überwachung in der automatisierten Fertigung und insbesondere bei digitalen Antriebstechniken sind sehr schnelle und zuverlässige Kommunikationssysteme mit vorhersagbaren Reaktionszeiten erforderlich.

[0007] Mit parallelen Bussystemen, wie beispielsweise SMP, ISA, PCI oder VME, ist eine sehr schnelle und einfache Kommunikation zwischen verschiedenen Baugruppen aufbaubar. Diese bekannten Bussysteme finden ihren Einsatz dabei insbesondere in Rechnern und PCs.

[0008] Zur Diagnose von Switches werden heute Spiegelports eingesetzt. Dabei werden die an einem Port empfangenen bzw. gesendeten Daten über einen dezidierten Port (Spiegelport) ausgegeben. An dem Spiegelport kann ein Diagnosetool (z. B. Analyzer) angeschlossen werden, um die empfangenen und/oder gesendeten Daten aufzuzeichnen und/oder zu analysieren. Der Anschluss an dem Spiegelport erfolgt hierbei unmittelbar am entsprechenden Knoten innerhalb des Netzwerks. Prinzipiell ist es möglich die an einem Port empfangenen und/oder gesendeten Daten an einen dezidierten Knoten im Netzwerk, an dem das Diagnosetool angeschlossen ist, zu übertragen. Der Vorteil liegt darin, dass die Diagnose von verschiedenen Knoten des Netzwerks von einem zentralen Punkt aus erfolgen kann. Der Nachteil liegt darin, dass das Zeitverhalten der normalen Kommunikation (Kommunikation ohne Spiegelportdaten) beeinflusst wird, was insbesondere in Automatisierungsanlagen mit priorisierter Kommunikation zu einem nicht vorhersagbaren Verhalten führen kann.

[0009] Das Problem wird dadurch gelöst, das für die Übertragung der Spiegelportdaten im gesamten Kommunikationssystem ein Kommunikationskanal reserviert wird. Das Verfahren beruht auf der deutschen Patentanmeldung DE 100 58 524.8 bei der ein System und ein Verfahren zur Übertragung von Daten über schaltbare Datennetze, insbesondere das Ethernet, offenbart ist, das einen Mischbetrieb von echtzeitkritischer und nichtechtzeitkritischer, insbesondere Inter- bzw. Intranet basierter Datenkommunikation erlaubt. Dies ermöglicht sowohl eine echtzeitkritische (RT; Real-Time) als auch eine nicht echtzeitkritische Kommunikation (NRT; Non-Real-Time) in einem schaltbaren Datennetz, bestehend aus Teilnehmern und Koppereinheiten, beispielsweise eines verteilten Automatisierungssystems durch einen zyklischen Betrieb. In einem so genannten Übertragungszyklus existiert für alle Teilnehmer und Koppereinheiten des schaltbaren Datennetzes jeweils wenigstens ein Bereich zur Übermittlung echtzeitkritischer und wenigstens ein Bereich zur Übermittlung nicht echtzeitkritischer Daten, wodurch die echtzeitkritische von der nicht echtzeitkriti-

schen Kommunikation getrennt wird. Da alle Teilnehmer und Kopeleinheiten immer auf eine gemeinsame Zeitbasis synchronisiert sind, finden die jeweiligen Bereiche zur Übermittlung von Daten für alle Teilnehmer und Kopeleinheiten jeweils zum selben Zeitpunkt statt, d. h. die echtzeitkritische Kommunikation findet zeitlich unabhängig von der nicht echtzeitkritischen Kommunikation statt und wird deshalb nicht von dieser beeinflusst. Die echtzeitkritische Kommunikation wird im Voraus geplant. Einspeisen der Datentelegramme beim originären Sender sowie deren Weiterleitung mittels der beteiligten Kopeleinheiten erfolgt zeitbasiert. Durch Zwischenspeicherung in den jeweiligen Kopeleinheiten wird erreicht, dass zu beliebiger Zeit auftretende, spontane, internetfähige, nicht echtzeitkritische Kommunikation in den für die nicht echtzeitkritische Kommunikation vorgesehenen Übertragungsbereich eines Übertragungszyklus verschoben und auch nur dort übertragen wird. [0010] In dieser Anmeldung ist die Ausprägung eines prinzipiellen Aufbaus eines Übertragungszyklus der in zwei Bereiche aufgeteilt ist, beispielhaft dargestellt. Ein Übertragungszyklus ist in einen ersten Bereich, der zur Übertragung echtzeitkritischer Daten vorgesehen ist, und einen zweiten Bereich, der zur Übertragung nicht echtzeitkritischer Daten vorgesehen ist, aufgeteilt. Die Länge des dargestellten Übertragungszyklus symbolisiert dessen zeitliche Dauer, die vorteilhafterweise je nach Anwendungszweck zwischen einer Mikrosekunde und zehn Sekunden beträgt. Die Zeitdauer eines Übertragungszyklus ist veränderbar, wird aber vor dem Zeitpunkt der Datenübertragung, beispielsweise durch einen Steuerungsrechner wenigstens einmal festgelegt und ist für alle Teilnehmer und Kopeleinheiten des schaltbaren Daten-netzes jeweils gleich lang. Die Zeitdauer eines Übertragungszyklus und/oder die Zeitdauer des ersten Bereichs, der zur Übertragung von echtzeitkritischen Daten vorgesehen ist, kann jederzeit, beispielsweise zu vorher geplanten, festen Zeitpunkten und/oder nach einer geplanten Anzahl von Übertragungszyklen, vorteilhafterweise vor Beginn eines Übertragungszyklus verändert werden, indem der Steuerungsrechner beispielsweise auf andere geplante, echtzeitkritische Übertragungszyklen umschaltet. Darüber hinaus kann der Steuerungsrechner jederzeit im laufenden Betrieb eines Automatisierungssystems je nach Erfordernis Neuplanungen der Echtzeitkommunikation durchführen, wodurch ebenfalls die Zeitdauer eines Übertragungszyklus verändert werden kann. Die absolute Zeitdauer eines Übertragungszyklus ist ein Maß für den zeitlichen Anteil, bzw. die Bandbreite der nicht echtzeitkritischen Kommunikation während eines Übertragungszyklus, also die Zeit, die für die nicht echtzeitkritische Kommunikation zur Verfügung steht. So hat die nicht echtzeitkritische Kommunikation beispielsweise bei einer Zeitdauer eines Übertragungszyklus 12 von 500 µs eine Bandbreite von 30%, bei 10 ms eine Bandbreite von 97%. Im ersten Bereich, der zur Übertragung echtzeitkritischer Daten vorgesehen ist, ist vor dem Senden der eigentlichen echtzeitkritischen Datentelegramme eine gewisse Zeitdauer zum Senden von Datentelegrammen zur Organisation der Datenübertragung reserviert. Die Datentelegramme zur Organisation der Datenübertragung enthalten beispielsweise Daten zur Zeitsynchronisation der Teilnehmer und Kopeleinheiten des Daten-netzes und/oder Daten zur Topologieerkennung des Netzwerks. Nachdem diese Datentelegramme gesendet wurden, werden die echtzeitkritischen Datentelegramme gesendet. Da die Echtzeitkommunikation durch den zyklischen Betrieb im Voraus planbar ist, sind für alle zu übertragenden, echtzeitkritischen Datentelegramme eines die Sendezeitpunkte bzw. die Zeitpunkte für die Weiterleitung der echtzeitkritischen Datentelegramme vor Beginn der Datenübertragung bekannt, d. h. die Zeit-

dauer des Bereichs zur Übertragung von nicht echtzeitkritischen Daten ist automatisch durch die Zeitdauer des Bereichs zur Übertragung von echtzeitkritischen Daten festgelegt. Vorteil dieser Anordnung ist, dass jeweils nur die notwendige Übertragungszeit für den echtzeitkritischen Datenverkehr verwendet wird und nach dessen Beendigung die restliche Zeit automatisch für die nicht echtzeitkritische Kommunikation, beispielsweise für die nicht planbare Internetkommunikation bzw. andere nicht echtzeitkritische Anwendungen zur Verfügung steht. Besonders vorteilhaft ist, dass die Zeitdauer des Bereichs zur Übertragung von echtzeitkritischen Daten jeweils durch die verbindungs-spezifisch zu übertragenden Daten bestimmt wird, d. h., die Zeitdauer der beiden Bereiche wird für jede einzelne Datenverbindung durch die jeweils notwendige Datenmenge der zu übertragenden echtzeitkritischen Daten bestimmt, wodurch die zeitliche Aufteilung der beiden Bereiche für jede einzelne Datenverbindung für jeden Übertragungszyklus verschieden sein kann. Es wird jeweils nur die notwendige Übertragungszeit für den echtzeitkritischen Datenverkehr verwendet und die restliche Zeit eines Übertragungszyklus steht automatisch für die nicht echtzeitkritische Kommunikation, beispielsweise für die nicht planbare Internetkommunikation bzw. andere nicht echtzeitkritische Anwendungen für alle Teilnehmer des schaltbaren Daten-netzes zur Verfügung. Da die Echtzeitkommunikation im Voraus entsprechend so geplant ist, dass das Ankommen der echtzeitkritischen Datentelegramme in den entsprechenden Kopeleinheiten so geplant ist, dass die betrachteten, echtzeitkritischen Datentelegramme spätestens zum Weiterleitungszeitpunkt oder früher bei den entsprechenden Kopeleinheiten ankommen, können die echtzeitkritischen Datentelegramme ohne zeitlichen Zwischenraum gesendet bzw. weitergeleitet werden, so dass durch das dicht gepackte Senden, bzw. Weiterleiten, die zur Verfügung stehende Zeitdauer bestmöglich genutzt wird. Selbstverständlich ist es aber auch möglich bei Bedarf Sendepausen zwischen der Übertragung der einzelnen Datentelegramme einzubauen.

[0011] Die prinzipielle Arbeitsweise in einem geschalteten Netzwerk wird folgendermaßen erläutert. Dargestellt sind stellvertretend für ein Netzwerk zwei Teilnehmer, beispielsweise ein Antrieb und ein Steuerrechner, mit jeweils integrierten Kopeleinheiten und einem weiteren Teilnehmer ohne Kopeleinheit, die durch Datenverbindungen miteinander verbunden sind. Die Kopeleinheiten besitzen jeweils lokale Speicher, die über interne Schnittstellen mit den Teilnehmern verbunden sind. Über die Schnittstellen tauschen die Teilnehmer Daten mit den entsprechenden Kopeleinheiten aus. Die lokalen Speicher sind innerhalb der Kopeleinheiten über die Datenverbindungen mit den Steuerwerken verbunden. Die Steuerwerke empfangen Daten bzw. leiten Daten weiter über die internen Datenverbindungen von bzw. zu den lokalen Speichern oder über eine oder mehrere der externen Ports. Durch Anwendung des Verfahrens der Zeitsynchronisation haben die Kopeleinheiten stets eine gemeinsame synchrone Zeitbasis. Hat ein Teilnehmer echtzeitkritische Daten, so werden diese zum vorausgeplanten Zeitpunkt während des Bereichs für die echtzeitkritische Kommunikation über die entsprechende Schnittstelle und den lokalen Speicher vom entsprechenden Steuerwerk abgeholt und von dort über den vorgesehenen externen Port zur nächsten verbundenen Kopeleinheit gesendet. Sendet ein anderer Teilnehmer zur gleichen Zeit, also während der echtzeitkritischen Kommunikation, nicht echtzeitkritische Daten, beispielsweise für eine Internetabfrage so werden diese vom Steuerwerk über den externen Port empfangen und über eine interne Verbindung an den lokalen Speicher weitergeleitet und dort zwischengespeichert. Von dort wer-

den sie erst im Bereich für die nicht echtzeitkritische Kommunikation wieder abgeholt und an den Empfänger weitergeleitet, d. h. sie werden in den zweiten Bereich des Übertragungszyklus, der für die spontane, nicht echtzeitkritische Kommunikation vorbehalten ist, verschoben, wodurch Störungen der Echtzeitkommunikation ausgeschlossen werden. Für den Fall, dass nicht alle zwischengespeicherten, nicht echtzeitkritischen Daten während des, für die Übertragung der nicht echtzeitkritischen Daten vorgesehenen Bereichs eines Übertragungszyklus übertragen werden können, werden sie im lokalen Speicher der entsprechenden Kopeleinheit solange zwischengespeichert, bis sie während eines, für die Übertragung der nicht echtzeitkritischen Daten vorgesehenen Bereichs eines späteren Übertragungszyklus übertragen werden können, wodurch Störungen der Echtzeitkommunikation in jedem Fall ausgeschlossen werden.

[0012] Die echtzeitkritischen Datentelegramme, die über entsprechende Datenverbindungen über die externen Ports beim Steuerwerk der zugehörigen Kopeleinheit eintreffen, werden unmittelbar über die entsprechenden externen Ports weitergeleitet. Dies ist möglich, da die Echtzeitkommunikation im Voraus geplant ist und deshalb für alle zu übertragenden, echtzeitkritischen Datentelegramme Sende- und Empfangszeitpunkt, alle jeweils beteiligten Kopeleinheiten sowie alle Zeitpunkte für die Weiterleitung und alle Empfänger der echtzeitkritischen Datentelegramme bekannt sind. Durch die im Voraus erfolgte Planung der Echtzeitkommunikation ist auch sichergestellt, dass es auf den Datenverbindungen zu keinen Datenkollisionen kommt. Die Weiterleitungszeitpunkte aller echtzeitkritischen Datenpakete von den jeweils beteiligten Kopeleinheiten sind ebenfalls vorher geplant und damit eindeutig festgelegt. Das Ankommen der echtzeitkritischen Datentelegramme ist deshalb so geplant, dass die betrachteten, echtzeitkritischen Datentelegramme spätestens zum Weiterleitungszeitpunkt oder früher im Steuerwerk der entsprechenden Kopeleinheit ankommen. Damit ist das Problem von Zeitunsicherheiten, die sich insbesondere bei langen Übertragungsketten bemerkbar machen, eliminiert. Wie oben ausgeführt ist folglich ein gleichzeitiger Betrieb von echtzeitkritischer und nicht echtzeitkritischer Kommunikation im selben schaltbaren Datennetz, sowie ein beliebiger Anschluss von zusätzlichen Teilnehmern an das schaltbare Datennetz möglich, ohne die Echtzeitkommunikation selbst störend zu beeinflussen.

[0013] In Erweiterung zu den oben definierten Mechanismen wird der NRT-Kanal in einen NRT-Kanal und einen Diagnosekanal unterteilt. Die Bandbreite für den Diagnosekanal ist einstellbar und reduziert die Bandbreite für die übrige NRT-Kommunikation. Die Einschränkung der Bandbreite für die übrige Kommunikation kann bei ausreichend performanten Kommunikationssystemen (z. B. Gigabit-Ethernet) hingenommen werden. Die Kommunikationsmechanismen sind in beiden Kanälen identisch. Der Diagnosekanal darf jedoch nur für Diagnosefunktionen, z. B. Routing von Spiegelport-Daten zu einem dezidierten Knoten genutzt werden. Die Nutzung wird durch Diagnosesoftware und Projektierung bestimmt. Aufgrund der Projektierbarkeit kann der Diagnosekanal abgeschaltet werden. Zur verlustfreien Übertragung der Spiegelport-Daten sollte die Breite des Zeitfensters für den Diagnosekanal mit der maximalen Breite der NRT-Kanäle übereinstimmen können.

[0014] Der erfinderische Schritt liegt in der Idee eines zusätzlichen, separaten Kanals zur Übertragung von NRT-Daten, insbesondere von Netzwerkdiagnosedaten (z. B. Spiegelportdaten). Dadurch kann eine zentral gesteuerte Netzwerkdiagnose durchgeführt werden ohne dass dabei die, im Normalbetrieb zur Verfügung stehende Bandbreite für die übrige NRT-Kommunikation eingeschränkt bzw. ohne dass

das Zeitverhalten des Gesamtsystems beeinflusst bzw. verändert wird.

[0015] Von besonderem Vorteil ist es darüber hinaus, dass die offenbarten Verfahren in Automatisierungssystemen, insbesondere bei und in Verpackungsmaschinen, Pressen, Kunststoffspritzmaschinen, Textilmaschinen, Druckmaschinen, Werkzeugmaschinen, Roboter, Handlingssystemen, Holzverarbeitungsanlagen, Glasverarbeitungsanlagen, Keramikverarbeitungsanlagen sowie Hebezeugen eingesetzt bzw. verwendet werden können.

[0016] Im Weiteren werden bevorzugte Ausführungsbeispiele der Erfindung mit Bezugnahme auf die Zeichnungen näher erläutert. Es zeigen:

[0017] Fig. 1 Einteilung Kommunikationszyklus

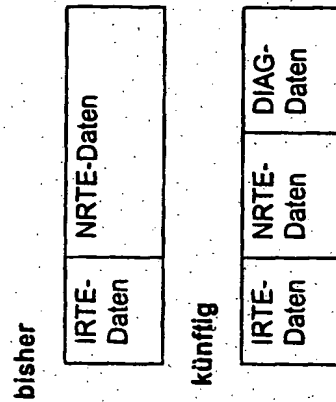
[0018] Fig. 2 Diagnosezugang für Netzwerk

#### Patentansprüche

1. Verfahren zur Diagnose von schaltbaren Kommunikationssystemen mit wenigstens zwei Teilnehmern, insbesondere Realtime Ethernet, **dadurch gekennzeichnet**, dass Daten in wenigstens einem Übertragungszyklus mit einstellbarer Zeitdauer übertragen werden und jeder Übertragungszyklus in wenigstens einen ersten Bereich zur Übertragung von echtzeitkritischen Daten, wenigstens einen zweiten Bereich zur Übertragung von nicht echtzeitkritischen Daten und wenigstens einen dritten Bereich zur Übertragung von Diagnosedaten unterteilt ist.
2. System zum Durchführen eines Verfahrens nach Anspruch 1.

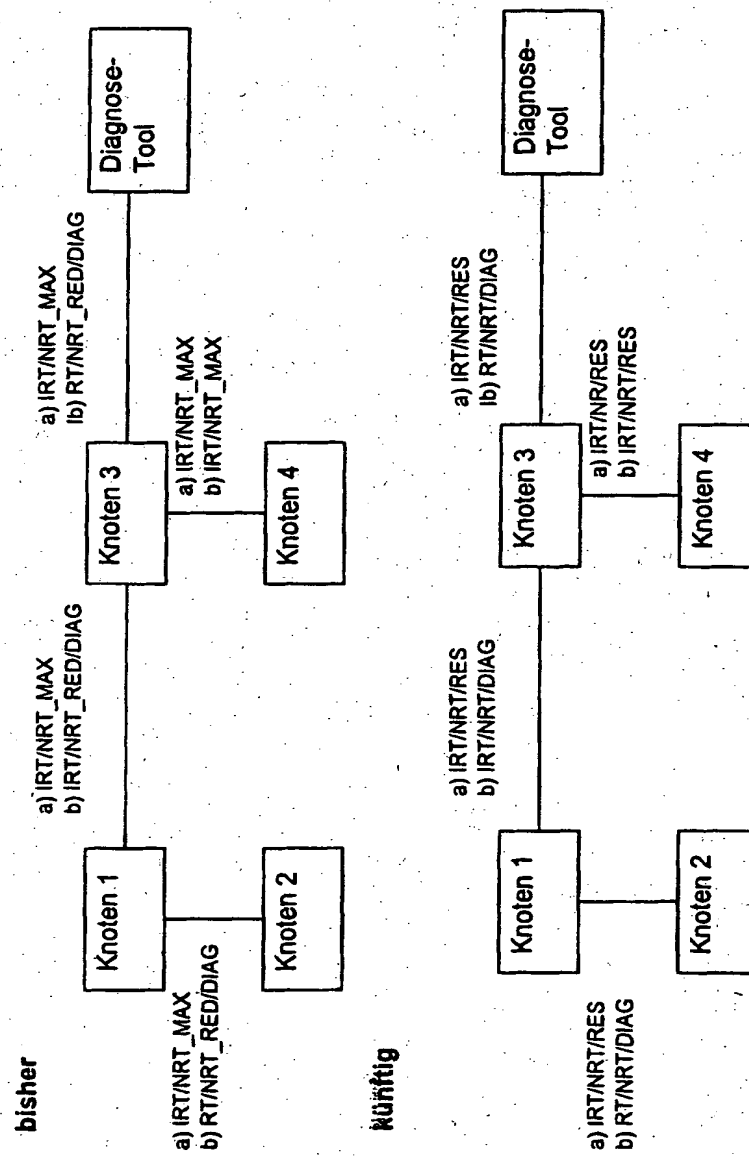
Hierzu 2 Seite(n) Zeichnungen

**Fig 1 Einteilung Kommunikationszyklus**



IRTE = Isochrones Real-Time Ethernet  
NRTE = Non Real-Time Ethernet  
DIAG = Diagnose

**Fig. 2 Diagnosezugang für Netzwerk**



IRT - Isochrone Realtime Daten  
NRT - Nonrealtime Daten  
NRT\_MAX - maximal verfügbare NRT-Bandbreite  
NRT\_RED - reduzierte NRT-Bandbreite  
DIAG - Diagnosedaten  
RES - für Diagnose reservierte Bandbreite

a) Normalbetrieb  
b) Spiegelfunktion in Knoten 2